

광통신망의 표준화 현황 및 발전전망

이 만 섭, 김 재 근
(한국전자동신연구소)

■ 차 례 ■

- I. 서 언
- II. 동기식 광전송망의 개요
- III. 광통신망의 표준화 현황
- IV. 표준화 전망
- V. 결 언

I. 서 언

1980년대들어 기존의 음성, 데이터, 비디오등을 통합한 복합 서비스(Multi-Media Services)에 대한 관심이 크게 증대되면서 이를 효율적으로 전달할 수 있는 광대역 전송망에 대한 연구가 본격적으로 시작되었다. 이는 디지털 전송과 교환의 통합을 통해 필연적으로 구축되는 기간통신망의 동기화를 바탕으로 광대역 서비스의 수용은 물론 망구성의 융통성을 갖는 동기식 전송 방식에 대한 표준화 연구로 대변되며, 1980년대 중반부터 미국 ANSI와 ITU-TS¹⁾에 의해 주도적으로 추진되어 왔다.

최근의 광통신망의 표준화는 동기식 전송방식에 대한 것에 기초를 두어 있으므로 광통신망의 표준화 연구에는 많은 부분이 동기식 전송방식이 표준화 연구가 차지하고 있다. 동기식 전송방식에 대한 표준화 연구는 1984년도부터 미국 Bellcore에서 시작되었다. 초기연구는 광통신장치의 광인터페이스 및 유지보수의 표준화 부재로 이중 Vender 장치간에 호환성이 결여되고, PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy)기본다중화 구조가 광대역 서비스의 수용에 부적합하다는 판단 아래 보다 효율적인 새로운 전송방식을 채용한 SONET(Synchronous Optical Network)이라는 이름으로 추진되었다. 여기서의 목표는 북미방식의 DS1, DS1C, DS2, DS3 신호를 수용하는 동기식 다중과 광

전송의 통합에 두고 있다.

한편 동기식 전송방식에 대한 국제적 표준화연구는 1986년부터 ITU-TS를 중심으로 동기식 디지털 계위(SDH: Synchronous Digital Hierarchy)를 주제로 추진되었으며, 이는 미국 T1위원회에서 형성된 SONET 개념을 바탕으로 모든 북미/유럽방식 PDH 신호를 수용하면서 전송매체(광/무선)에 독립적인 망 노드인터페이스(NNI: Network Node Interface) 실현에 기본을 두고 있다. SDH 전송과 관련된 ITU-TS의 표준화는 크게 전송망노드, 광전송 시스템, 망구조 및 관리로 구분할 수 있다. SDH망노드 기능은 기존 시분할 다중(TDM)과 호환성을 갖는 STM(Synchronous Transfer Mode)다중방식, 준 패킷형 셀(Cell)형태의 ATM(Asynchronous Transfer Mode)다중방식, 장치 유지보수의 표준화에, SDH 광전송은 광송·수신 성능 특성, 광섬유 규격화, 광링크 특성 등에, 그리고 SDH 망구조/관리는 망의 기능적 기준모델과 정보 기준모델의 설정, 개방형 망관리 기능의 표준화에 중점을 두고 있다.

이러한 SDH 전송방식은 광대역 광섬유 전송을 바탕으로 하면서 여기에 ITU-TS 권고 G.703에 규정된 1.544Mb/s와 2.048Mb/s 기본 PDH 신호의 수용, 새로운 복합 서비스를 지향하는 ATM서비스의 수용, 전송네트워킹에 필수적인 다중신호내의 임의 저속신호에 대한 직접 액세스, 그리고 전송망 OAM의 저능화등

과 같은 다양한 망노드 기능의 실현을 바탕으로 한다. 즉, 광전송과 복합다중의 일체화를 통해 보다 경제적이고 유연한 SDH 광전송망의 구축을 지향하고 있으며 이의 대표적인 예가 북미지역의 SONET이다.

향후 전송망은 궁극적으로 망구성의 유연성과 망발전성이 모두 고려된 SDH전송망의 구축을 바탕으로 할 것이며, 이는 이미 1990년 부터 미국, 일본등 여러 나라에서 활발하게 진행되어 오고 있는 상태이다. 따라서 이 글에서는 국제적 호환성을 갖는 SDH전송망의 구축을 위해 가장 활발하게 활동하고 있는 ITU-TS에서의 SDH 광전송 관련 연구활동을 중심으로 SDH전송망을 개관해보고, '92년도 까지의 표준화 현황과 향후 발전전망에 대해 기술한다.

그리고 또 현재의 광통신망의 표준화 활동이 대부분 국간 응용에 두고 있고, 가입자 까지의 광통신망식의 도입을 위해 일부 국가에서 시험 중이거나 연구중에 있지만 표준화 활동이 아직 미미하므로 이 글의 광통신망에서의 표준화 관련 사항은 국간 중계 응용에 국한하여 기술하고자 한다.

II. 동기식 광전송망의 개요

ITU-TS에 의해 국제적으로 표준화된 SDH 신호 프레임(STM-N)은 그 주기가 125us이고, 8비트 클럭(타임슬롯)이 9행x270N 열로 정방형으로 배열된 구조를 갖는다. 이는 디지털 전송구간 OAM(Operations, Administration and Maintenance)을 위한 오버헤드 채널과 PDH신호/ATM신호를 C(Container), VC(Virtual Container), TU(Tributary Unit), AU(Administration Unit)등의 동기식 신호형태를 나르는 패이로드로 구성된다. PDH신호(DSn) 또는 광대역 Hn급 채널이 STM-N의 패이로드로 사상/다중화 되는 과정을 기술하면 다음과 같다.

먼저 이들 중속신호들은 스타핑 동기화를 통해 동기식 다중 기본단위인 Cn으로 사상되며, 여기에 신호 경로 오버헤드(POH)가 추가되어 VCn이 형성된다. VCn은 다시 상위(HO: Higher Order) VCn(또는 STM-N)프레임의 패이로드로 사상되며, 이 과정에서 각 VCn신호들의 망동기 여부와는 무관하게 여러 망노드 간에 제약없이 전송될 수 있도록 상위 VCn 패이로드 내에서의 하위(LO: Lower Order) VCn 프레임의 위치를 TU포인터에 의해 지시하거나 STM-N내에서의 상위 VCn 프레임의 위치를 AU 포인터로 지시하도록 구성된다. 이들 AUn(n=3,4) 신호들은 다시 155.

520Mb/s 속도의 AU 그룹(AUG)으로 형성되며, N개의 AUG 신호에 대한 직접적인 바이트 인터리빙에 의해 STM N(N=1,4,16)이 형성된다(상세 내용은 참고문헌 1참조).

동기식 다중구조내에는 STM-N 전송구간(Section) 뿐만아니라 VCn 신호 경로상의 end to end 성능 감시, 유지보수, 그리고 행정관리를 위한 많은 양의 오버헤드를 확보하고 있다. 이러한 오버헤드들은 SDH 망내에 존재하는 STM-N 전송구간과 VCn 신호경로등에 대한 계층화된 OAM 능력을 실현하는 데에 이용된다. 즉 VCn의 경우 VCn 경로에 대한 성능감시와 유지보수용 경로 오버헤드(POH: Path Over Head)가 확보되어 있으며, STM-N의 경우 해당 전송구간과 중계구간의 OAM을 위한 구간 오버헤드(SOH: Section Over Head)가 확보되는 등, STM-N중계구간, STM-N다중구간, VCn신호경로등으로 계층화, 표준화된 OAM체제로 규격화되어 있다. 특히 SOH내에서 각 망요소로부터 망관리 resource들을 수집, 관리하며, 망요소에 제어정보를 전달하기 위한 용도의 개방형 망관리 프로토콜을 사용하는 데이터 통신 채널(DCC: Data Communication Channel)이 확보되어 있다.

따라서 상기된 바와 같은 다중구조적 특징을 이용하는 DH망에서는 다양한 용량의 VCn이 존재하므로 부지심간 트래픽 용량에 따라 이들을 적절히 선택, 적용할 수 있고, 이들 VCn은 STM-N프레임내에서 프로우팅된 상태로 존재하지만 포인터의 지시에 의해 쉽게 인식될 수 있는 즉, STM-N레벨에서 VCn의 가시성을 갖는다 이는 다중레벨 상에서 저속신호의 직접 액세스 능력과 직결되며, 이러한 특징을 최대한으로 이용할 수 있는 ADM(Add-Drop MUX)이나 DXC(Digital Cross-Connect system)를 적용하면 다중장치의 back to back-구성이 제기되어 망노드 인터페이스(NNI: Network Node Interface)수를 크게 줄일 수 있고, 이러한 VCn 상호의 네트워킹, 전송로의 재구성, 회선시험 액세스, 장애회선의 복구등을 전자화, 자동화시킬 수 있는 기반을 제공한다.

특히 전송로 장애대책은 통신에 대한 의존성이 커지고 있는 오늘날에 있어서 트래픽의 보호를 위해서 가장 중요하게 고려되어야 할 사항으로서 SDH 전송망은 이러한 통신망의 생존성을 크게 개선시킬 수 있는 근본적인 해답을 주고 있다. SDH전송망에서는 망상에서 스스로 복구할 수 있는 망 즉, SHN(Self Healing Network)구성이 용이한 특징을 갖는다. ITU-TS에서 제시하는 전형적인 SHN구성 방식으로는 ADM

을 이용한 SHR(Self Healing Rings) 구성과 DXC를 이용한 SHM(Self Healing Mesh) 구성이 있다. 전자의 경우 2개 이상의 양방향 링구성을 통해 전용 보호채널을 두고 운용하는 방식이며, 후자의 경우 Mesh형망을 구성하여 두 지점간 전송루트를 다양화시켜 임의 회선에 장애가 발생할 경우에 여분 용량을 이용하여 신호 경로를 우회시키는 방식이다.

이러한 특징을 갖는 동기식 NNI를 트렁크망, 로컬망, 시외망상에서 여러가지 망배열 형태로 적용될 수 있다. 이의 초기 주된 응용은 PDH-신호를 수용하는 STM 기반의 SDH 설비를 이용하여 기존의 비동기식 전송 망을 동기식 전송망으로 진화시키는 것이며, 또 다른 후기의 중요한 응용은 광대역 ISDN 서비스 정보를 수용하는 ATM 기반의 SDH 설비를 이용하여 전송망의 궁극적인 목표인 B-ISDN 전송망으로 진화시키는 것이다. 즉, 기존 PDH 신호들을 각각의 용량에 맞는 SDH 기반의 VCn으로 사상하여 VCn단위 네트워킹이 가능한 광대역 SDH-STM망을 구성하고, 이후 VCn에 사상된 ATM 패키지 단위의 전용로 구성 단계를 거쳐 궁극적으로 VPI(Virtyal Path Identifier)의 인식을 통해 ATM셀 단위 네트워킹을 실현하는 SDH-ATM망으로 점진적인 진화단계를 밟게될 것이다. 한편 SDH 기본 STM망은 국제 단일 표준으로서 1.544Mb/s와 2.048Mb/s 기본의 중식신호들에 대해서 호환성있는 다중방법을 채용하기 때문에 보다 간단

한 국제간 연동배열을 허락하며 적당한 VC 형태를 선택함으로써 여러 망요구에도 응할 수 있는 특징을 갖는다.

결과적으로 SDH망용 전송 서비스의 가용도 및 신뢰도 향상은 유연성이 큰 전송망의 구축, 나아가 표준화된 광전송과 다중기능의 통합으로 완전한 multi-vendor망의 구성등에 대한 기반을 제공할 것이다.

III. 광통신망의 표준화 현황

ITU-TS에 의해 국제적으로 표준화된 SDH전송망과 관련된 권고안 체계를 보면(그림 1) 및 (표 1)과 같다. 여기서 보면 UNI(User Network Interface)와 NNI로 구분된다. UNI는 B-ISDN과 사용자간의 접속을 위한 인터페이스로서 주로 NT/LT기능을 바탕으로 1개열에 권고하고 있다. G계열 권고안은 NNI관련으로서 망용용, 망요소, 광중계전송, 광섬유 규격을 권고하고, M열은 망운용관리를 권고하고 있다. 본항에서는 주로 NNI와 망운용 관리에 초점을 두고 그 표준화 내용을 기술한다.

가. 망노드 기능 측면

1984년부터 시작된 동기식 다중 관련 연구는 1988년에 SDH 및 NNI(Network Node Interface)와 관련된 G.70x 권고안의 완성으로 동기식 다중화의 기반이 마

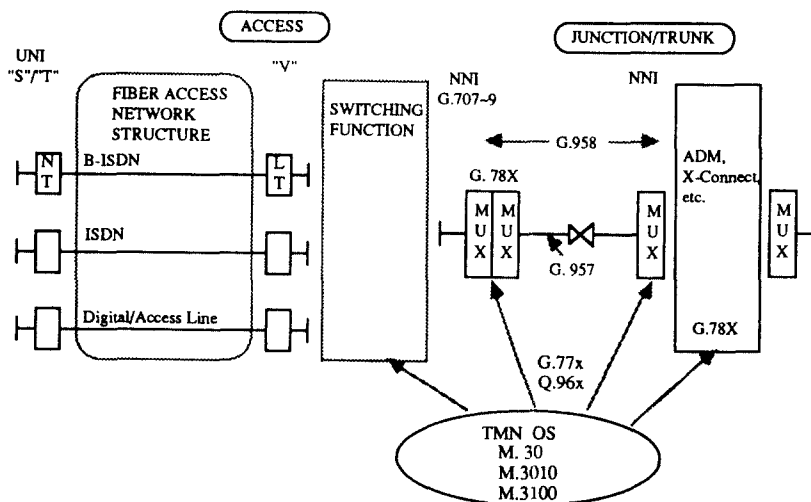


그림 1. ITU-TSS의 SDH 관련 권고체계

<표1> SDH 관련 ITU-TS 권고안

Recommendation	Title
G.707	Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Bit Rates
G.708	Network Node Interface for the SDH
G.709	Synchronous Multiplexing Structure
G.781	Structure of Recommendations on Equipment for the SDH
G.782	Types and Characteristics of SDH Equipment
G.783	Characteristics of SDH Equipment Functional Blocks
G.784	SDH Managements
G.803	Architecture of Transport Network Based on the SDH
G.825	The Control of Jitter and Wander With Digital Networks Which are Based On The SDH
G.831	Management Capabilities of Transport Networks Based On the SDH
G.shr-1	SDH Self Healing Rings
G.shr-2	SDH Ring Interworking
G.958	Digital Line System based on the SDH for use on Optical Fibre Cables
G.957	Optical Interfaces for Equipment and Systems relating to the SDH
G.773	Protocol Suites for Q Interfaces for Management of Transmission Systems
M.3010	Principles for a Telecommunications Management Network
Q.961	Lower Layer Protocol Profiles for the Q Interface
Q.962	Higher Layer Protocol Profiles for the Q Interface

련되었다. G.707은 155.520Mb/s(STM-1)을 기본으로 하는 622.080Mb/s(STM-4), 2488.320Mb/s(STM-16) 등의 SDH 전송속도를 규정하고 있으며, G.708은 SDH를 적용하는 NNI의 구조 즉, STM-1의 신호포맷, 신호구조, 전송구간 오버헤드 할당등에 대해 기술하고 있다. 또한 G.709는 기존 DS_n 신호를 DS_n(-→)C_n(-→)CV_n(-→)STM-N으로 다중화하는 구조와 페이로드의 사상 방법에 대해 규정함으로써 G.78x에 규정된 SDH 망노드 장치의 설계기반을 제공하고 있다.

1992년도에는 SDH장치의 형태, 특성, 기능블럭, 그리고 유지보수등에 대한 표준화로 SDH망노드간 호환성 실현의 길을 열었다. 즉, SDH 망요소와 관련하여 기존 DS_n 신호 다중형, SDH 신호 다중형, 신호 분기형, 신호분배형, ATM수용형등에 공통적으로 적용될 수 있는 여러 기능 블럭과 기준점을 설정하여 각 기능블럭간 정보의 흐름을 규정한 G.781, 782, 783, 784 권고안이 부분적으로 완성되었다.

G.782의 내용을 요약하면 다음과 같다. SDH 장치에 일반적으로 적용될 수 있는 기능블럭(그림 2참조)과 이를 이용한 DS_n(-→)STM-N간 다중화/역다중화과정 등을 정의하고, OAM & P(OAM & Provisioning)용으로 확보된 각종 오버헤드 채널의 응용방법, 특히 SDH유지보수 신호의 상호작용 관계에 대해 규정하고 있다. SDH 구성에 따른 TMN(Telecommunication Management Network) 액세스, 서비스 보호절체를 위한 Trail 보호와 MSP(Multiplex Section Protection), 우회루트에 의한 복구등을 규정하고 있으며, 장치 형태

즉, PDH 신호수용의 단순 다중형(type I), STM-N 신호수용의 단순다중형(type II), 분기결합형(type III), 분배형(type IV)로 구분하여 각각의 기능구조를 제시하고 있다. 여기서 분기 결합형의 경우 분기신호가 PDH 또는 SDH인 경우로 구분하고, 분배형의 경우 HO VC_n, LO VC_n HO + LO VC_n형으로 구분하여 제시하고 있다.

G.783은(그림 2)와 같은 일반 기능블럭을 바탕으로 각 블럭의 기능 정의는 물론 각 블럭간의 상호작용(신호흐름상태)을 정의하고 있으며, 각 기능블럭의 장애발생시 조치, 성능감시 종류, 유지보수 신호 및 처리규격, 오버헤드 채널 적용방법, 타이밍 클럭 적용관계등을 정의하고 있다. 또한 HPC와 LPC에서의 ADM이나 DXC를 위한 구성관리 및 경로 감시 기능을 포함해서 동기식 장치의 성능/장애/보안 관리기능 수행하기 위한 기준점 정의와 기준점에서의 관리 정보(신호)를 정의하고 있다. 즉, 각 기능블럭별로 감시된 OAM & P 정보들을 관리/보고 데이터화(filtering)하고, 이들이 각 기능블럭간에 주고 받아야 할 정보/성능종류와 "S"기준점상에 존재해야 하는 명령/구성/설치정보들의 종류, 상태조회, 상태변경등을 상세하게 정의하고 있다. 또한 각 기능블럭에 필요한 "T"기준점 상의 타이밍 클럭과 관련된 PDH 신호의 페이로드 사상 포인터 조정으로 인한 지터/완더의 영향, 신호(span)절체와 관련된 절체 방식, 절체 프로토콜, 절체 알고리즘등을 규격화 하고 있다.

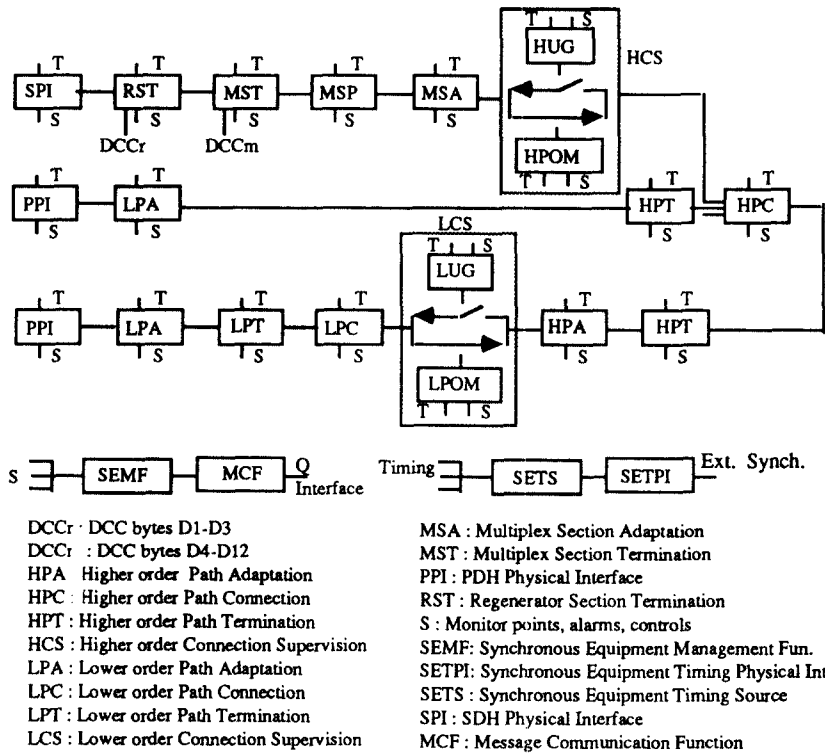


그림 2. G.782에 권고된 SDH 장치의 일반 기능블럭

나. 광선로 측면

광선로는 크게 광신호를 직접전달하는 전송매체, 전송매체를 보호하는 옥외설비와, 광선로 유지관리 시스템등으로 크게 분류할 수 있다. 옥외 설비는 사용자의 고유한 환경에 따라 다를 수 있기 때문에 국제적인 표준화의 추진은 어려운 상태이며, 광선로의 유지관리 또한 기존의 전송시스템의 일부로써 여기고 있을 뿐 표준화 활동은 없는 상태이다. 광섬유를 실장하여 만든 광케이블의 구조도 각 나라마다 서로다른 구조를 사용하고 있어서 광케이블의 구조 자체보다는 광섬유의 구조/특성에 대한 것과 일반적인 광케이블 외피와 광섬유 접속방법에 대한 표준화 활동이 이루어지고 있다.

이러한 광섬유 관련 표준화는 ITU-TS를 중심으로 이루어지고 있으며, 주로 SG 6(Outside Plant)와 SG 15(Transmission Systems and Equipments)에서 다루고 있다. 따라서 여기서는 이 두 SG에서 제안되고 있는 권고안과의 내용을 살펴보고자 한다.

ITU-TS에서 통신용으로 사용되고 있는 광섬유는 크게 다중모드 광섬유와 단일모드 광섬유로 분류하고 있으며, 광기술의 발전과 그에 따른 전송속도의 증가로 대부분 단일모드 광섬유를 사용하고 있다. 따라서 단일모드 광섬유에 표준화 활동이 활발히 이루어지고 있다. 다중모드 광섬유는 권고안 G.651로 규정하고 있고, 이것은 1985-1988년 회기에 대부분의 특성이 규정되었다. 그런데 단일모드 광섬유는 동기식 전송방식과 그에 따른 다양한 전송속도와 중계거리를 수용할 수 있도록 각 광섬유의 특성을 규정하고 있을 뿐만아니라 다음과 같이 단일모드 광섬유를 분류하고 있다.

- G.650: 단일모드 광섬유의 특성항목의 정의와 시험방법
- G.652: 단일모드 광섬유의 특성
- G.653: 분산전 단일모드 광섬유의 특성
- G.654: 1550nm에서 손실 최적화된 단일모드 광섬유의 특성

G.650은 G.652-G.654 광섬유의 특성항목의 정의와 시험방법을 제시하고 있으며, G.652 광섬유는 현재 가장 많이 사용되는 광섬유로 색분산이 1310nm에서 최소인 특성을 가지고 있으며, 대부분의 특성치가 확정되어 있다. G.653 광섬유는 1550nm에서 색분산이 최소의 특성을 가지도록 G.652 광섬유의 구조를 변경한 것으로 증계거리의 확장과 최근에는 광섬유증폭기를 사용하는 전송시스템의 운용을 위하여 특성치에 대한 표준화가 이루어지고 있다.(표2)는 G.652와, G.653, G.654 광섬유의 특성을 요약한 것이다. 또한 G.654 광섬유는 구조가 G.652와 유사하나 손실이 작은 영역인 1550nm 대역의 손실을 이론치에 가깝도록 규정하여 긴 부중계 거리가 요구되는 시스템에 적용하기 위하여 제안된 것이나 확정된 변수가 많지 않다.

광케이블이 국가선로 뿐만아니라 가입사 선로에 까지 도입되면서 광케이블의 접속등에 대한 표준화가 필요하게 되었다. 또한 광선로 망구성은 경제성이나 각 나라의 정책에 따라서 여러형태가 제안되어 있기 때문에 선로망 구조의 일반화를 위하여 지난 회기부터 아래와 같은 새로운 권고안이 제안되어 표준화

가 이루어지고 있다.

- L.12: 광섬유 접속
- L.13: 옥외용 광케이블의 외피접속
- L.14: 광케이블의 인장력 시험방법
- L.15: 광분배망 이중망의 구성에 고려할 요소

광케이블도 동선과 마찬가지로 접속부가 선로의 품질과 선로운용비에 중요한 비중을 차지하고 있다. 하지만 광케이블은 대용량의 광신호가 전송되고 유지보수의 어려움이 있기 때문에 위와 같은 권고안을 통하여 해결하고자 하고 있다.

다. 광접속및 디지털 광 선로 시스템 측면

이 절에서는 광접속및 디지털 광 선로 시스템이 관하여 설명한다. ITU-TS G.957에서는 SDH에 관련된 시스템과 장치의 광접속에 관한 것이 권고되고 있으며, G.958에서는 광섬유 케이블을 이용한 SDH디지털 광 선로 시스템에 관하여 권고하고 있다.

먼저 G.957인 SDH에 관련된 광접속에 관한 것을 언급하고자 한다. G.957의 광접속 응용구분은 2Km 이하의 국사내 연결을 위한 접속과, 15Km 정도 거리의 단거리 국간 접속과, 1310nm 파장에서는 40km, 1550nm 파장에서는 60Km 정도의 거리인 장거리 국간 접속 구분으로 나누어 광접속 특성을 규정하고 있다. 이러한 응용 구분에 다시 G.650, G.6524에서 언급된 광섬유의 파장과 특성에 따라 여러가지의 광접속이 가능해진다.

이와같은 응용 구분에 따라 광접속 특성을 G.650, G.6524 광선로를 이용하여 전송할때의 사용파장 영역, 광송신 특성, 광 구간(optical path)특성, 광수신 특성으로 나누어 언급하고 있다. 이때 사용하는 파장 영역은 가능한한 미래의 응용을 위해 넓게 잡고 있으며 선로부호로서는 이전 NRZ(Non-return to Zero)를 사용하고 있다.

광송신 특성으로는 LED, 다중모드 LD, 단일모드 LD와 같은 광원의 종류와, 광원의 진폭(Spectral width), 평균광출력, 소광비(extinction ratio), eye pattern mask에 관하여 규정하고 있다. 이중 소광비를 측정하는 방법은 아직 향후의 연구과제로 남겨져 있다. 광구간 특성은 송신과 수신 사이의 광손실 특성, 분산 특성, 반사등의 특성을 규정한다. 이때 손실 특성은 광접속, 광커넥터, 광감쇄기 사용, 스플리터(splitter)와 같은 수동광소자를 사용할 경우에도, 또 온도, 경시변화, 향후 유지보수및 선로 변경을 위한 재접속등을 고려한 마진이 전부 고려된 손실이 광 구간에 확

<표2> ITU-TS의 단일모드 광섬유 권고 규정 비교

항 목		광섬유	G 652	G 653	G 654
손 실 (dB/km)	1310 nm		≤ 1.0	≤ 1.0	X
	1550 nm		< 0.5	< 0.5	< 0.22
1550nm 구부림 특성			≤ 1.0 dB	≤ 0.5 dB	연구중
손실 균일성			연구중	연구중	연구중
색 분산	λ_0 (nm)		1300-1324nm	$\Delta\lambda_{0max}$ ≤ 50nm	X
	S_0 (ps/nm ² Km)		≤ 0.093	≤ 0.085	≤ 0.06
	색분산계수 (ps/nmKm)		3.5(1288-1339nm) 5.3(1270-1360nm) 20 (1550 nm)	3.5(1525-1575) $\Delta\lambda$ w=25nm	20 (1550 nm)
차 단 파 장 (nm)	λ_c		1100 - 1280	연구중	1350 - 1600
	λ_{cc}		≤ 1270 (1260)	≤ 1270	≤ 1530
모드 필드 직경 (μ m)	1310 nm		9-10 ± 10%	X	X
	1550 nm		X	7.0-8.3 ± 10%	10.5 ± 10%
모드 필드 중심오차 (μ m)			≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0
클레딩 직경 (μ m)			125 ± 2	125 ± 2	125 ± 2
클레딩 비편율 (%)			≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 2.0
proofstress level			≥ 0.35 GPa(-0.5%) 0.7-1.4GPa (1-2%)	좌 동	좌 동

당되어야 한다. 역시 반사특성도 얼마나 많은 광커넥터가 사용되는지, 또는 반사 특성이 있는 커플러, WDM 소자가 얼마나 많이 사용되는지를 불분하고 규정된 특성을 만족시켜야 한다. 이것은 예로서 광커넥터를 많이 사용해야 할 경우에는 다경로의 반사 특성등을 고려하여 반사특성을 만족시키는 특성이 좋은 광커넥터를 사용해야 한다는 의미이다. 광수신 특성에 관해서는 광수신 감도, 수신기 과입력(overload) 특성, 수신기 반사특성등이 정의되고 있다. 이와같은 광접속 특성중 STM-4와 STM-16에 관한 것이 표

<3-1>과 표<3-2>에 나타나 있다. 그리고 STM-1의 광 접속 특성에 관심이 있는 분은 G.957의 TABLE 2/G.957을 찾아보기 바란다.

G.958인 디지털 광전로시스템에 관한 권고안은(그림 1)의 ITU-TS의 SDH 관련 체계에서 보듯이 SDH 다중장치, SDH회선분배장치, SDH add-drop 다중장치들과 같은 2개의 SDH 장치 사이를 연결하는 광중계기를 포함하는 광 링크의 특성을 규정하는 권고안으로써 G.707-9, G.781-3의 동기식 전송속도및 다중장치, G.650, G.652-4 광선로 특성, G.957의 광접속

<표 3-1> ITU-TS의 STM-4 광접속 규격

	Unit	Values						
Digital signal Nominal bit rate	Kbit/s	STM-4 according to Recommendations G.707 and G.958 622 080						
Application code (Table 1/G.957)		I-4	S-4.1 1293-1334	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3	
Operating wavelength range	nm	1261a)-1360	1274-1356	1430-1580	1300-1325/ 1296-1330	1280-1335	1480-1580	1480-1580
transmitter at reference point S Source type		MLM LEM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	SLM
Spectral characteristics								
-maximum RMS width(σ)	nm	14.5 35	4/2.5	-	2.0/1.7	-	-	-
-maximum-20db width	nm	-	-	1	-	1	<1 b)	1
-minimum side mode suppression ratio	dB	-	-	30	-	30	-	30
Mean launched power								
-maximum	dBm	-8	-8	-8	+2	+2	+2	+2
-minimum	dBm	-15	-15	-15	-3	-3	-3	-3
Minimum extinction ratio	dB	8.2	8.2	8.2	10	10	10	10
Optical path between S and R								
Attenuation range	dB	0,7	0-12	0-12	10-24	10-24	10-24	10-24
Maximum dispersion	ps/nm	13 14	46/74	NA	92/109 NA	b)	NA	NA
Minimum optical return loss of cable plant at S, including any connectors	dB	NA	NA	24	20	24	20	20
Maximum discrete reflectance between S and R	dB	NA	NA	-27	-25	-27	-25	-25
Receiver at reference point R								
Minimum sensitivity	dbm	-23	-28	-28	-28	-28	-28	-28
Minimum overload	dBm	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
Maximum optical path penalty	dB							
Maximum reflectance of receiver, measured at R	dB	NA	NA	-27	-14	-27	-14	-14

a) Some administrations may require a limit of 1270nm.

b) See § 3.2.2

I : Intra - office

S : Short - haul inter-office

L : Long-haul inter-office

S-4.1, S-4.2, L-4.1 : Rec. G.652 광섬유 사용

L-4.2 : Rec. G.652, G.653, 광섬유 사용.

L-4.3 : Rec. G.654 광섬유 사용

특성, G.955-6등을 따르도록 권고하고 있다. 관련 권고 특성으로는 동기 및 클럭 신호 특성, 지터 특성, 에리 특성, 광케이블이 관여된 경우에 LD가 꺼지는 LD 안정, 운용 관리 등이 고려되어 있으나, 이중 무엇보다도 G.957에 언급된 공급업자가 다른 다양한 시스템이 구성이 되더라도 동작에 문제가 없도록 성능을 고려하

고 있다.

이상에서 살펴 본 권고안 외에 지난 회기에 제안된 G.661에서는 대용량 장거리 국간 전송을 위하여 사용되고 있는 광섬유증폭기의 특성 정의와 시험방법을 규정하고 있다.

<표 3-2> ITU-TS의 STM-16 광접속 규격

	Unit	Values					
Digital signal Nominal bit rate	Kbit/s	STM-16 according to Recommendations G.707 and G.958 2 488 320					
Application code (Table 1/G.957)		I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
Operating wavelength range	nm	1266a)-1360	1260a)-1360	1430-1580	1280-1335	1500-1580	1500-1580
transmitter at reference point S Source type		MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
Spectral characteristics							
-maximum RMS width(σ)	nm	4	-	-	-	-	-
-maximum-20dB width	nm	-	1	<1 b>	<1 b>	<1 b>	<1 >
-minimum side mode suppression ratio	dB	-	30	30	30	30	30
Mean launched power							
-maximum	dBm	-3	0	0	0	+1	0
-minimum	dBm	-10	-5	-5	-5	-4	-5
Minimum extinction ratio	dB	8.2	8.2	8.2	10	8.2	10
Optical path between S and R							
Attenuation range	dB	0-7	0-12	0-12	10-20	10-20	10-20
Maximum dispersion	ps/nm	12	NA	b)	NA	1194 b)	b)
Minimum optical return loss of cable plant at S, including any connectors	dB	24	24	24	24	24	24
Maximum discrete reflectance between S and R	dB	-27	-27	-27	-27	-27	-27
Receiver at reference point R							
Minimum sensitivity	dbm	-18	-18	-18	-26	-26	-26
Minimum overload	dBm	-3	0	0	-10	-9	-10
Maximum optical path penalty	dB	1	1	1	1	2	1
Maximum reflectance of receiver, measured at R	dB	-27	-27	-27	-27	-27	-27

a) Some administrations may require a limit of 1270nm.

b) See § 3.2.2

I : Intra - office

S : Short - haul inter-office

L : Long-haul inter-office

S-16.1, S-16. 2, L-16.1 : Rec. G.652 광섬유 사용

L-16.2 : Rec. G.652, G.653, 광섬유 사용.

L-16.3 : Rec. G.654 광섬유 사용

라. SDH망의 기능구조 측면

본 항에서는 SDH망 관리 및 망구축의 기본 모델이 되는, G.803에 권고된 SDH망의 기능적 구조 특히 SDH에서의 정보전달 관점에서 수송망(TN: Transport Network)의 기능적, 구조적 측면을 위주로 설명한다.

ITU-TS에 의해 정의된 TN은 전송망(Transmission Network)이 전송매체 의존의 송·수신기능과 신호 다중화에 관련된 물리적 망인데 비해서 두지점간에 사용자 정보를 나르는 망의 기능적 측면까지를 포함하

는 논리적 레이어 망으로 표시되고 있다. 이를 SDH 기본망의 계층적 모델로 표시하면(그림 3)과 같다.

이 TN의 레이어 개념은 표준화된 망관리의 기본 개념을 제공한다. TN의 기능 기준점으로는 동일 신호(VCn)간에 링크연결을 제공하는 CP(Connection Point), 망과 망간에 망연결을 제공하는 TCP(Termination Connection Point), 그리고 레이어망간의 Trail을 제공하는 AP(Access Point) 등이 있다. SDH 기본의 기능구조 응용을 보면(그림 4)과 같다.

G.803은 이와 같이 SDH 기능 모델을 바탕으로 망 구조와 망관리 기능을 제공토록 하고 있다. 망구조의 경우 기존 PDH 레이어를 지원하는 SDH망은 G.702 신호경로(Path), 703에 따른 국사내 구간(Section), SDH LO 경로, SDH HO 경로, SDH STM-N 레이어 등을 가지며, ATM cell 레이어를 지원하는 SDH망은 ATM 가상경로, SDH HO 경로 STM-N 구간 레이어 등으로 구성되도록 하고 있다. 또한 이 권고안에는 CP, TCP, AP 기준점에서의 성능 및 장애(경보) 감시를 통해 얻은 데이터의 관리와 SDH망의 가용성을 제고시키기위한 여러가지 전략적, 구조적 특징등을 규정화 하고 있다. 전송로상에서 장애 또는 성능 저하상

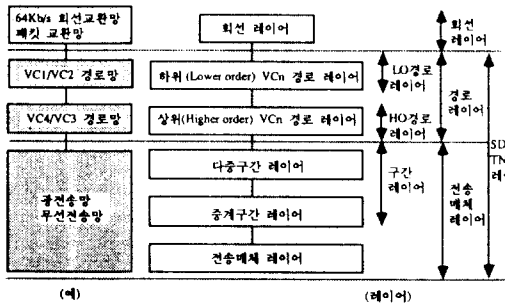
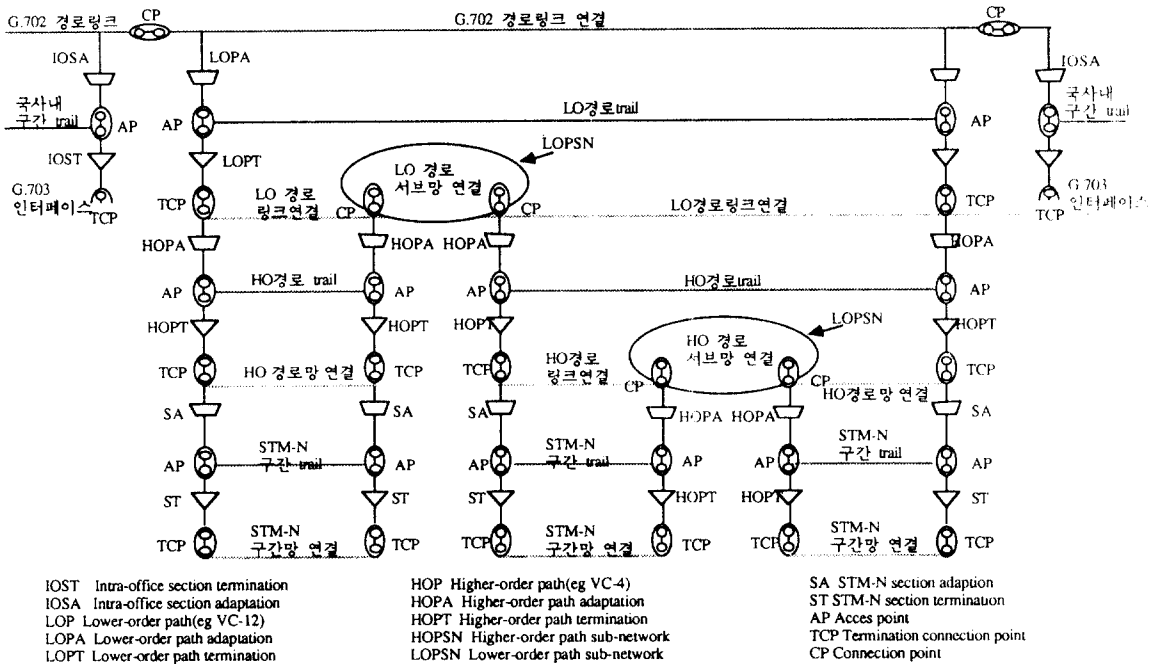


그림 3. SDH 기본 TN 레이어 모델



된 DCC 채널을 이용하여 구성되는 SMS, SMS들로 구성된 SMN(SDH Management Network), 그리고 TMN의 subset로서의 SMN 관계로 규정된다. 즉, SDH망요소는 관리주체인 manager에 대한 관리객체(Agent)로서의 기능을 수행하기 위해서 SMS, SMN의 기준 모델설정, SDH ECC topology, 망요소별 ENE(End NE), INE(Intemecliate NE), GNE(Gateway NE)등에 대한 정의를 포함하고 있다. G.784는 관리 응용기능으로서 정보감시, 시험등과 같은 장애(유지보수)관리, 성능감시/축적/보고방법등에 대한 성능관리등에 대해 규정하고 있고, 각종 관리데이터의 레지스터 운용 및 임계치 설정 기능/방법, 관리 데이터의 정확도 요구사항, 그리고 장애상태하의 성능감시 방법등도 규정하고 있다.

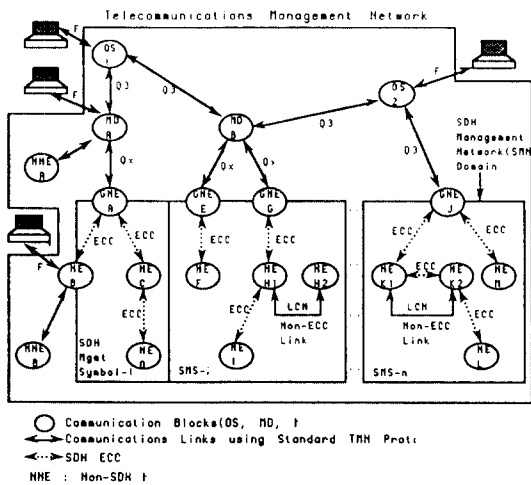


그림 6. SDH관리망과 TMN

또한 G.784에는(표 4)와 같은 ECC 프로토콜 스택을 규정하고 있다. 이는 SDH DCC를 물리 레이어로 하고, 데이터 링크 레이어는 전송망의 두노드 사이에 PTP(Point To Point)연결을 제공하는 LAPD를 바탕으로 하며, 네트워크 레이어는 고속 고품질망에 적합한 datagram 서비스위주의 ISO 8473을 적용한다. 수송레이어는 비연결형 네트워크 레이어에 대한 end-to-end 정보전달을 확실히 하기 위해서 연결성이면서 flow-control 및 여러복구 기능을 갖는 Class4를, 세션레이어는 kernel 위주, 프레젠테이션 레이어는 양쪽 통신시스템에 의해 응용 레이어 정보가 서로 이해될 수

있도록 ASN.1 BER(Basic Encoding Rule)을 바탕으로 한다.

한편 응용레이어는 CMISE(Common Management Information Service Element), ROSE(Rormote Operation Service Element), ACSE(Association Control Service Element)등으로 구성된다. CMISE는 ECC 양단의 관리정보에 대해 정보내용의 조회(get), 정보내용의 변경(set), 관리동작(action), 정보의 생성/제기(create/delete)등을 위한 서비스이며, ROSE는 한 시스템이 운용을 위해서 시스템을 깨우는 기능을 갖는다. ACSE는 두 응용중간에 연결을 설정하고 중단하는 서비스를 갖도록 하고 있다.

(표 4) ECC 프로토콜 스택

Layer	ASEs for OAM&P Applications			
	CMISE X 710 (ISO 9595 : 1991) X 711 (ISO 9596 : 1991) X 709			
	ACSE	X 217	X 227	ROSE X 219 X 229
Layer 6	X 216, X 226 ASN.1 Basic Encoding Rules X 708			
Layer 5	X 215, X 225			
Layer 4	ISO 8073 / 8073-AD2			
Layer 3	ISO 8473			
Layer 2	CCITT Q.921			
Layer 1	SDH DCC			

OAM & P 정보모델링은 객체지향 모델링 기법을 이용하여 관리대상(MO: Managed objects)의 특성을 속성(Attributes), 통지(Notification), 동작(Operation), 그리고 행위(Behavior) 형태로 축약하는 것을 말한다. 이러한 특성들이 동일한 MO들은 하나의 MO 클래스로 분류하고 각 MO들은 클래스의 구성요소로서 관리실체(Instance)가 된다.(그림 7)은 SDH망요소를 위한 MO클래스를 나타낸 것이다.

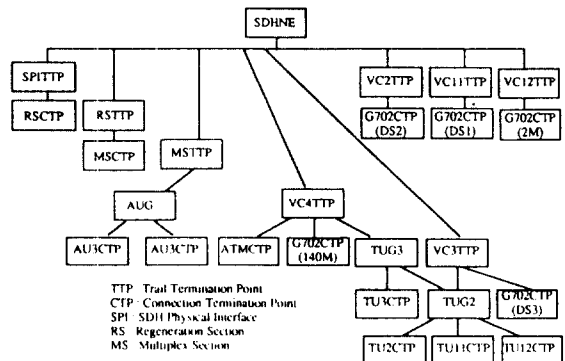


그림 7. SDH 설비의 MO naming tree

G.773은 전송장치 또한 전송시스템의 관리를 위해서 M.30에 정의된 TMN과의 접속을 위한 Q 인터페이스에 대한 프로토콜을 규정하고 있다. 여기에 규정된 Q 인터페이스를 위한 프로토콜은(표 5)와 같다. 여기서 A1과 A2는 국사내 LCN을 위한 간략화된 프로토콜로서 레이어 1, 2, 3, 7만이 정의되고 나머지 B1 B2 B3는 LCN과 DCN을 위한 프로토콜로서 제시되고 있다. 여기서 LCN을 위한 프로토콜은 국사내 LAN 접속이나 BUS 접속을 의미하고, DCN을 위한 프로토콜은 공중 캐킷망 접속을 의미한다.

(표 5) Q 인터페이스를 위한 프로토콜

Layer	Network Management ASE		Network Management ASE		
	CMISE	ISO 9595 (1989)	CMISE	ISO 9595 (1989)	
Layer 7	ACSE X.217, X.227	ROSE X.219, X.229	ACSE X.217, X.227	ROSE X.219, X.229	
Layer 6	Mapping Function		CCITT X.216, X.226		
Layer 5			ASN.1 Basic Encoding Rules : X.209		
Layer 4			CCITT X.215, X.225		
Layer 3	ISO 8473 ISO 8473/AD2	ISO 8473	X.25	IP : ISO 8473 PLP : X.25/ISO 8208	ISO 8473
Layer 2	ISO 3309 ISO 7809 ISO 4335	ISO 8802-2+DAD2 ISO 8802-3	LAPB CCITT X.25	LAPB CCITT X.25	LLC : ISO 8802-2 MAC : ISO 8202-3
Layer 1	ISO 8482 EIA RS 485	not specified	V.11/V.35	V.11/V.35	not specified
	A 1	A 2	B 1	B 2	B 3

IV. 표준화 전망

가. SDH 전송망

향후 국제적 표준화는 주로 SDH를 기본으로 하는 SHN망구성, 망관리정보의 표준화, 그리고 ATM수용장치의 표준화등에 중점을 둘 것이다. 앞으로 SDH 망은 선형 add-drop, 경로/선로 절체등과 같은 링형 망구성을 포함하여, VCn 경로 교환을 통한 메쉬, 스타형 구성등으로 다양하게 전개될 것이다. SHN망구성은 DXC와 ADM과 같은 장치의 표준화와 SHR/SHM 망구성 관리의 표준화로 나누어 전자의 경우 기존 G.782, G.783 보완형태로 나타날 것이며, 후자의 경우는 현재 G.shr draft 권고안이 마련중에 있다. 특히 SHR/SHM의 경우 망의 구성관리와 관련하여 집중/분산제어에 의한 중계선 제어방식, 물리적 STM-N 구간 및 논리적 VCn 신호경로상의 장애에 대비한 서비스 복구방식/복구절차에 대한 규격화가 이루어

질 전망이다. 따라서 여기에 소요되는 망요소 특성의 규격화는 물론 링간 접속, 메쉬와 링의 혼합형간 접속 방식등을 포함하여 다양한 구조의 SDH망구성 등도 연구될 것으로 보인다.

이러한 다양한 망구성을 지원할 수 있도록 각 망구성 요소에 전달되는 라우팅제어 데이터의 표준화가 이루어질 것이며, 이러한 프로토콜의 필요성은 특히 SDH 망내의 임의 망요소의 도입 또는 기술 요소의 제외등과 같은 상황의 발생이라든가 임의 망요소의 장애 발생 또는 장애로 부터의 복구시에 가능한 최단 시간내에 라우팅이 변경되어야 하기 때문에 중요하다. 또한 한 SDH 망내의 NE들이 다수의 공급사에 의해 제작된 제품들로 구성될 때 vendor간 호환성을 위해서도 필요하다. 한편 동일 국사내 NE간 OAM & P 관련 데이터 통신 연결을 위한 LCN 표준 제정과, CMISE와 OSI, 운용시스템(OS)와 망요소간 OAM 메시지를 정의하는 것이 필요하다. 현재 정보감시와 성능감시를 위하여 FM과 PM은 어느정도 표준화가 진행중이나 provisioning을 위한 구성관리(CM), OS 액세스 제어를 위한 보완관리(SM), billing을 위한 회계관리(AM)등이 정의 되어야만 완전한 multi-vendor 망이 구축될 수 있을 것이다.

기존 G.784에는 PM의 history 관리만이 규정되어 있으나 '93년도에 FM의 정보 history 관리가 추가되었고, time stamping 기능이 추가된 상태이다. 또한 CM과 관련하여 Protection과 다중화 구조모델 초안이 완성된 상태이다. 이에 따라 보호절체 및 다중화 구조와 관련된 정보모델이 G.774에 추가되었으며, 이는 1994년도까지 완성될 예정이다. 한편 망모델에 대한 정보모델과 ATM 장치, 특히 ATM-DXC를 위한 정보 모델이 연구중에 있다. 특히 '92년도에는 Q.821(Alarm Surveillance)와 Q.822(Performance Monitoring)권고안을 SDH 망관리에 적용키로 결정되었으며, M.3100(Generic Network Informance Model)과 X.721(Definition of Management Information)을 SDH 정보모델의 Base 모델로 이용하도록 결정되었다. 이러한 ITU-TS에서의 개방형 SDH 망관리에 대한 표준화는 대부분이 1994년도까지 완료될 전망이다.

ATM 장치의 경우 ATM 다중, ATM-OXC, ATM-ADM 장치등 ATM cell의 networking을 실현하는 장치의 표준화가 진행중이다.

이와같은 주요 연구분야를 바탕으로 설정된 ITU-TS의 1993-1996 연구회기 동안에 SGXV에서 연구될 question은(표 6)과 같다.

<표6> ITU-TS SG XV에 할당된 Questions (93-96 회기)

Question	Title
Q.17	SDH equipment
Q.18	ATM equipment
Q.19	SDH ring structures
Q.20	Transmission characteristics at analogue interface of digital transmission systems and digital exchanges
Q.21	Flexible Multiplex equipment in the Access Network
Q.22	Hierarchical Bit Rates, Interfaces and Multiplexing Structures
Q.23	Characteristics and Test Methods of Optical Fibers and Cables
Q.24	Characteristics of Optical Systems for Use in Local Access Networks
Q.25	Characteristics of Optical Systems for Inter-Office and Long-Distance Networks
Q.26	Transmission-Related Characteristics of Optical Components and Subsystems, Including Optical Amplifiers
Q.27	Characteristics of Optical Fibre Submarine Cable Systems
Q.29	Transmission Equipment Management Information Model
Q.30	Management of the Transmission Network

나. 광전송기술

광선로의 표준화 전망은 국가전송의 경우는 SDH 광전송시스템에 사용할 수 있도록 광케이블의 신뢰도 및 특성 측정분야 표준화가 지속적으로 진행될 것이고 대륙횡단 및 대양 횡단과 같은 초장거리의 경우는 저손실 특성을 갖도록 1550nm에서 광섬유 특성 표준화가 지속될 것이다. 이와 병행하여 광통신의 가입자계의 수요와 현장 시험이 세계적으로 추진됨에 따라 가입자 광선로 광케이블의 접속, 옥외용 광케이블의 외피 접속등의 표준화가 활발하게 이루어질 것으로 보인다.

광접속의 표준화는 10Gb/s인 STM-64 이상의 광접속 표준화가 곧 이루어 질 것이고, 또 수십 Gb/s와 같은 초고속 전송과 및 미래의 Tb/s 전송등에도 응용이 가능한 파장 다중 전송을 고려한 광송신 특성, 광수신 특성, 광원의 선폭에 따른 분산 특성 및 성능 저하와 같은 광링크 특성, 소광비 측정을 포함한 광특성 측정 방식이 보다 명확히 정의될 것이다. 또한 전송 속도가 올라가면 수신감도가 저하되므로 중계 거리가 짧아진다. 광증폭기술을 이용하면 중계 거리를 보상 가능하므로 광증폭 기술에 대한 표준화가 향후 수년동안 매우 중요한 표준화 대상이 될 것으로 보인다. 그리고 물론 광선로와 마찬가지로 광통신기술의 가입자계의 응용을 위한 수동광 링크특성, 광송신 특성, 유지관리 표준등의 광접속 표준도 중요한 표준화 대상이 될 것이다.

V. 결 언

이 글에서 광통신망의 표준화 동향과 향후 전망에 대해서 알아 보았다. 광통신망은 현재의 표준화 동향이 SDH를 근거로 추진되고 있고, 또 논의의 양과 광가입자망의 표준화는 표준화를 위한 질문을 내고 있는 초보적인 단계임을 고려하여 광통신망의 표준화 동향 및 향후 전망은 동기식 광전송망의 국가중계 응용에 국한하였다.

동기식 광전송망은 크게 SDH의 망노드장치, 광선로 특성, 광접속 특성 및 광선로 시스템, SDH기능 구조 측면, 망운용관리 측면으로 구분하여 살펴 보았다. 이중 최근에 표준화 활동이 가장 활발한 SDH망기능 구조 측면 및 망운용관리 측면과, 광선로 특성 및 표준화, 광접속특성 및 광선로 시스템 표준화는 상대적으로 부각하여 기술 하였다. 그리고 표준화의 향후 전망은 SDH 전송망과 광선로 기술, 광접속, 시스템 기술을 포함한 광전송기술로 대분하여 언급하였다.

참 고 문 헌

1. CCITT, "Recommendations Of The G.700-Series Submitted For Approval At The Xth CCITT Plenary Assembly," Geneva, July 1992.
2. CCITT COM XVIII-R, 106-E, "Recommendations of The G.800-Series Submitted For Approval At The Xth CCITT Plenary Assembly," July 1992.

3. CCITT, "Revised Drafts of Recommendations G.781, G.782, and G.783," Geneva, Oct.1992.
4. CCITT, "Draft Recommendation G.773 Protocol Suites For Q Interfaces For Management Of Transmission System," Geneva, Aug.1990.
5. T1X1.5/92-004R6, "SONET Bidirectional Line Switched Rings Standard Working Document," Sept. 1992.
6. 15, "Amended/new draft recommendations of the G. 600-series submitted to the Xth CCITT plenary assembly," COM-XV 89-E, May, 1992.
7. WTSC SG 15, "Questions allocated to study group 15(Transmission systems and equipment)," COM 15-1E, APRIL 1993.
8. SG 6, "Report of the meeting on the Final Draft of new Recommendations," COM XVI R 8 E, Oct 1991.
9. WTSC SG 6, "Outside plant for the 1993-1996 study period," COM 6-1E, Mar, 1993.

10. CCITT, "Draft revised Recommendation G.957 Optical Interfaces for Equipments and Systems Relating to the Synchronous Digital Hierarchy," Geneva, 91.
11. CCITT, "Draft Recommendation G.958-Digital Line Systems Based on the Synchronous Digital Hierarchy for Use on Optical Fibre Cables," Geneva, Aug.1990.
12. 김재근, "광대의 전송 기술 현황," 전자공학회지, vol.18, NO.12, 1991.12.
13. 송주빈, 김재근, 이상경, "전송시스템의 OAM 기술," 한국통신학회지, 제8권 제7호, 1991.7.
14. 김재근, "SDH 전송과 ATM 기본 B-ISDN," 한국전자통신연구소 전자통신지, 제14권 제2호, 1992. 7.

감사의 말

이 글의 광선로 부분의 표준화 동향에 대하여 작성에 도움을 준 한국전자통신연구소 광파통신연구실의 전영운 선임연구원께 감사의 말을 드린다.



이 만 섭

- 1976. 2. 부산대학교 전자공학과 졸업
- 1978. 2. 부산대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1991. 2. 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)
- 1976. 6 ~ 현재 한국전자통신연구소 근무(책임연구원)
전송기술연구부장
- 연구경력 : 광통신 및 시스템기술
광가입자 및 광CATV 기술
디지털 TV 코덱기술



김 재 근

- 1980. 2. 고려대학교 전자공학과 졸업
- 1983. 2. 고려대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1990. 8. 고려대학교 대학원 전자공학과(박사)
- 1979. 12 ~ 현재 한국전자통신연구소 근무(책임연구원)
전송망식 연구실장
- 연구경력 : 단파, M/W(위성통신)대 전화전파 기술
ISDN 가입자집속기술
SDH 전송기술
통신망 동기기술